

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0121708

(43) 공개일자 2020년10월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 33/16 (2010.01) C23C 14/04 (2006.01)

C23C 14/16 (2006.01) H01L 33/00 (2010.01)

H01L 33/44 (2010.01)

(52) CPC특허분류

H01L 33/16 (2013.01)

C23C 14/046 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0082930

(22) 출원일자 2019년07월10일

심사청구일자 2019년07월10일

(30) 우선권주장

1020190044558 2019년04월16일 대한민국(KR)

(71) 출원인

한양대학교 산학협력단

서울특별시 성동구 왕십리로 222(행당동, 한양대학교내)

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

김현우

서울특별시 성동구 왕십리로 222, 한양대학교 신소재공학과 414호

방재훈

서울특별시 성동구 왕십리로 222, 한양대학교 신소재공학과 414호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

박상열

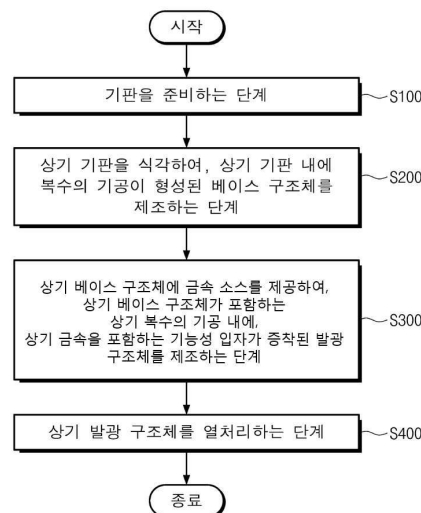
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 발광 구조체 및 그 제조 방법

(57) 요약

발광 구조체의 제조 방법이 제공된다. 상기 발광 구조체의 제조 방법은 기판을 준비하는 단계, 상기 기판을 식각하여, 상기 기판 내에 복수의 기공이 형성된 베이스 구조체를 제조하는 단계, 상기 베이스 구조체에 금속 소스를 제공하여, 상기 베이스 구조체가 포함하는 상기 복수의 기공 내에, 상기 금속을 포함하는 기능성 입자가 증착된 발광 구조체를 제조하는 단계, 및 상기 발광 구조체를 열처리하는 단계를 포함하되, 상기 발광 구조체의 열처리 온도에 따라, 상기 발광 구조체로부터 발광되는 빛의 파장대가 제어되는 것을 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C23C 14/165 (2013.01)

H01L 33/005 (2013.01)

H01L 33/44 (2013.01)

(72) 발명자

진창현

서울특별시 성동구 왕십리로 222, 한양대학교 신소
재공학관 414호

김상섭

인천광역시 연수구 송도문화로28번길 28, 102동
1201호(송도동, 송도글로벌캠퍼스푸르지오)

최명식

서울특별시 성동구 왕십리로 222, 한양대학교 신소
재공학관 414호

엄완식

서울특별시 성동구 왕십리로 222, 한양대학교 신소
재공학관 414호

나한길

서울특별시 성동구 왕십리로 222, 한양대학교 신소
재공학관 414호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2016R1A6A1A03013422

부처명 교육부(2013Y)

과제관리(전문)기관명 (재)한국연구재단

연구사업명 이공분야기초연구사업 / 기초연구기반구축사업 / 대학중점연구소지원사업-중점연구
소지원(이공계분야)

연구과제명 산업과학연구소 (총괄과제명 : 자동차용 환경친화 복합소재 개발 및 제품화)

기 여 율 1/1

과제수행기관명 (재)한국연구재단

연구기간 2019.01.01 ~ 2019.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

기관을 준비하는 단계;

상기 기관을 식각하여, 상기 기관 내에 복수의 기공이 형성된 베이스 구조체를 제조하는 단계;

상기 베이스 구조체에 금속 소스를 제공하여, 상기 베이스 구조체가 포함하는 상기 복수의 기공 내에, 상기 금속을 포함하는 기능성 입자가 증착된 발광 구조체를 제조하는 단계; 및

상기 발광 구조체를 열처리하는 단계를 포함하되,

상기 발광 구조체의 열처리 온도에 따라, 상기 발광 구조체로부터 발광되는 빛의 파장대가 제어되는 것을 포함하는 발광 구조체의 제조 방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 발광 구조체의 열처리 온도가 증가함에 따라, 상기 발광 구조체가 포함하는 상기 기능성 입자의 크기가 증가하는 것을 포함하는 발광 구조체의 제조 방법.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 기능성 입자의 크기에 따라, 상기 발광 구조체로부터 발광되는 빛의 파장대가 제어되는 것을 포함하는 발광 구조체의 제조 방법.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 발광 구조체가 400℃ 또는 600℃로 열처리되는 경우, 상기 발광 구조체는 청색 파장대의 빛을 발광하는 것을 포함하는 발광 구조체의 제조 방법.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 발광 구조체가 400℃, 600℃, 800℃, 또는 1000℃로 열처리되는 경우, 상기 발광 구조체는 적색 파장대의 빛을 발광하는 것을 포함하는 발광 구조체의 제조 방법.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 베이스 구조체 상에 제공되는 상기 금속 소스는, 스퍼터링(sputtering) 방법으로 제공되는 것을 포함하는 발광 구조체의 제조 방법.

청구항 7

제1 항에 있어서,
상기 베이스 구조체 제조 단계는,
강산을 포함하는 식각 용액을 준비하는 단계;
상기 식각 용액 내에 상기 베이스 구조체를 침지시키는 단계; 및
침지된 상기 베이스 구조체에 전류를 인가하는 단계를 포함하는 발광 구조체의 제조 방법.

청구항 8

실리콘 산화물(SiO_x)을 포함하는 다공성 베이스 구조체; 및
상기 베이스 구조체가 포함하는 복수의 기공 내에 배치되고, 금속을 포함하는 기능성 입자를 포함하되,
상기 기능성 입자는 나노미터 크기를 갖는 것을 포함하는 발광 구조체.

청구항 9

제8 항에 있어서,
상기 베이스 구조체는, 상기 베이스 구조체 및 상기 기능성 입자가 접촉되는 제1 영역, 및 상기 제1 영역을 제외한 제2 영역으로 구분되되,
상기 제1 영역 및 상기 제2 영역은 결정성이 서로 다른 것을 포함하는 발광 구조체.

청구항 10

제9 항에 있어서,
상기 제1 영역은 결정질(crystalline) 특성을 나타내고, 상기 제2 영역은 비정질(amorphous) 특성을 나타내는 것을 포함하는 발광 구조체.

청구항 11

제8 항에 있어서,
상기 금속은, Ag, Au, Pt, 또는 Pd 중 어느 하나를 포함하는 발광 구조체.

청구항 12

제8 항에 있어서,
상기 발광 구조체는, 가시광 영역대의 빛을 발광하는 것을 포함하는 발광 구조체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 발광 구조체 및 그 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 가시광대 영역의 빛을 발광하는 발광 구조체 및 그 제조 방법에 관련된 것이다.

배경 기술

[0003] 최근 실리콘은 고기능성 재료로서 각광을 받은 이후 현재에 이르러서는 거의 모든 산업분야에서 사용되고 있을 정도로 높은 성장률을 지속하고 있다. 또한 실리콘은 그 특성이 우수한 반면 다른 화공재료보다는 가격이 높다는 것을 부인할 수는 없다. 이러한 요인으로 실리콘은 점차 고기능화를 요구하는 산업분야에 응용 되고 있다.

[0004] 실리콘 나노 포토닉스 기술은 나노기술을 이용하여 실리콘 집적소자 기술에 초고속 광통신 기술을 적용하여 RC delay와 발열 문제를 해결하고, 이를 바탕으로 광소자에 실리콘 공정기술과 인프라를 활용하여 집적된 고기능/저단가의 광소자 개발을 가능케 하는 실리콘 집적회로 기술과 광통신 기술 각각에 새로운 발전 패러다임을 창조하는 융합기술이라 할 수 있다.

[0005] 벌크 실리콘은 발광 효율이 매우 낮은 것으로 알려졌기 때문에 디스플레이나 초고속 회로 제작을 가능하게 할 광전소자 분야에서의 연구는 거의 전무하였다. 이러한 이유 때문에 디스플레이 및 레이저와 초고속 통신을 위해서 GaAs, InP나 GaN 등과 같은 비실리콘 계통의 반도체 연구를 이용한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 이러한 화합물 반도체들은 발광효율은 매우 높으나, 실리콘에 비해 비용이 많이 들고, 실리콘 미세 칩 상에 집적화하기가 어려울 뿐만 아니라 실리콘 기판 상에 양질의 화합물반도체 박막을 성장하기가 매우 어려운 것으로 알려져 있기 때문이다. 이에 따라, 실리콘의 발광 특성을 향상시키기 위한 다양한 기술들이 지속적으로 연구 및 개발되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 일 기술적 과제는, 가시광 영역대의 빛을 발광하는 발광 구조체 및 그 제조 방법을 제공하는 데 있다.

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 기술적 과제는, 간단한 공정으로 제조 가능한 발광 구조체 및 그 제조 방법을 제공하는 데 있다.

[0009] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 기술적 과제는, 공정 시간이 감소된 발광 구조체 및 그 제조 방법을 제공하는 데 있다.

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 상술된 것에 제한되지 않는다.

과제의 해결 수단

[0012] 상술된 기술적 과제들을 해결하기 위해 본 발명은 발광 구조체의 제조 방법을 제공한다.

[0013] 일 실시 예에 따르면, 상기 발광 구조체의 제조 방법은, 기판을 준비하는 단계, 상기 기판을 식각하여, 상기 기판 내에 복수의 기공이 형성된 베이스 구조체를 제조하는 단계, 상기 베이스 구조체에 금속 소스를 제공하여, 상기 베이스 구조체가 포함하는 상기 복수의 기공 내에, 상기 금속을 포함하는 기능성 입자가 증착된 발광 구조체를 제조하는 단계, 및 상기 발광 구조체를 열처리하는 단계를 포함하되, 상기 발광 구조체의 열처리 온도에 따라, 상기 발광 구조체로부터 발광되는 빛의 파장대가 제어되는 것을 포함할 수 있다.

[0014] 일 실시 예에 따르면, 상기 발광 구조체의 열처리 온도가 증가함에 따라, 상기 발광 구조체가 포함하는 상기 기능성 입자의 크기가 증가하는 것을 포함할 수 있다.

[0015] 일 실시 예에 따르면, 상기 기능성 입자의 크기에 따라, 상기 발광 구조체로부터 발광되는 빛의 파장대가 제어되는 것을 포함할 수 있다.

[0016] 일 실시 예에 따르면, 상기 발광 구조체가 400℃ 또는 600℃로 열처리되는 경우, 상기 발광 구조체는 청색 파장

대의 빛을 발광하는 것을 포함할 수 있다.

- [0017] 일 실시 예에 따르면, 상기 발광 구조체가 400℃, 600℃, 800℃, 또는 1000℃로 열처리되는 경우, 상기 발광 구조체는 적색 파장대의 빛을 발광하는 것을 포함할 수 있다.
- [0018] 일 실시 예에 따르면, 상기 베이스 구조체 상에 제공되는 상기 금속 소스는, 스퍼터링(sputtering) 방법으로 제공되는 것을 포함할 수 있다.
- [0019] 일 실시 예에 따르면, 상기 베이스 구조체 제조 단계는, 강산을 포함하는 식각 용액을 준비하는 단계, 상기 식각 용액 내에 상기 베이스 구조체를 침지시키는 단계, 및 침지된 상기 베이스 구조체에 전류를 인가하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0021] 상술된 기술적 과제들을 해결하기 위해 본 발명은 발광 구조체를 제공한다.
- [0022] 일 실시 예에 따르면, 상기 발광 구조체는 실리콘 산화물(SiO_x)을 포함하는 다공성 베이스 구조체, 및 상기 베이스 구조체가 포함하는 복수의 기공 내에 배치되고, 금속을 포함하는 기능성 입자를 포함하되, 상기 기능성 입자는 나노미터 크기를 갖는 것을 포함할 수 있다.
- [0023] 일 실시 예에 따르면, 상기 베이스 구조체는, 상기 베이스 구조체 및 상기 기능성 입자가 접촉되는 제1 영역, 및 상기 제1 영역을 제외한 제2 영역으로 구분되되, 상기 제1 영역 및 상기 제2 영역은 결정성이 서로 다른 것을 포함할 수 있다.
- [0024] 일 실시 예에 따르면, 상기 제1 영역은 결정질(crystalline) 특성을 나타내고, 상기 제2 영역은 비정질(amorphous) 특성을 나타내는 것을 포함할 수 있다.
- [0025] 일 실시 예에 따르면, 상기 금속은, Ag, Au, Pt, 또는 Pd 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0026] 일 실시 예에 따르면, 상기 발광 구조체는, 가시광 영역대의 빛을 발광하는 것을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0028] 본 발명의 실시 예에 따른 발광 구조체의 제조 방법은, 기판을 준비하는 단계, 상기 기판을 식각하여, 상기 기판 내에 복수의 기공이 형성된 베이스 구조체를 제조하는 단계, 상기 베이스 구조체에 금속 소스를 제공하여, 상기 베이스 구조체가 포함하는 상기 복수의 기공 내에, 상기 금속을 포함하는 기능성 입자가 증착된 발광 구조체를 제조하는 단계, 및 상기 발광 구조체를 열처리하는 단계를 포함하되, 상기 발광 구조체의 열처리 온도에 따라, 상기 발광 구조체로부터 발광되는 빛의 파장대가 제어되는 것을 포함할 수 있다. 이에 따라, 열처리 온도를 제어하는 간단한 방법으로, 발광되는 빛의 파장대를 용이하게 제어할 수 있는 발광 구조체의 제조 방법이 제공될 수 있다.
- [0029] 또한, 상기 실시 예에 따른 발광 구조체의 제조 방법 중, 상기 발광 구조체를 제조하는 단계는, 비용액(non-solution) 공정으로 수행될 수 있다. 이에 따라, 공정 과정이 간소화되고 공정 시간 또한 감소된 발광 구조체의 제조 방법이 제공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 발광 구조체의 제조 방법을 설명하는 순서도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 발광 구조체의 제조 방법 중 베이스 구조체 제조 단계를 구체적으로 설명하는 순서도이다.
- 도 3 및 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 발광 구조체의 제조 공정을 나타내는 도면이다.
- 도 5 및 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 베이스 구조체를 촬영한 사진이다.
- 도 7 및 도 8은 열처리 전 상태의 발광 구조체를 촬영한 사진이다.

도 9는 열처리 후 상태의 발광 구조체를 촬영한 사진이다.

도 10은 열처리 전 및 열처리 후 상태의 발광 구조체의 결정성을 비교하는 그래프이다.

도 11은 열처리 전 및 열처리 후 상태의 발광 구조체의 발광 특성을 비교하는 그래프이다.

도 12는 본 발명의 실시 예에 따른 발광 구조체가 포함하는 은 나노입자를 구체적으로 촬영한 사진이다.

도 13은 400℃의 온도에서 열처리된 발광 구조체가 포함하는 은(Ag) 나노입자를 촬영한 사진이다.

도 14는 400℃의 온도에서 열처리된 발광 구조체가 포함하는 은(Ag) 나노입자의 크기 분포를 나타내는 그래프이다.

도 15는 600℃의 온도에서 열처리된 발광 구조체가 포함하는 은(Ag) 나노입자를 촬영한 사진이다.

도 16은 600℃의 온도에서 열처리된 발광 구조체가 포함하는 은(Ag) 나노입자의 크기 분포를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세히 설명할 것이다. 그러나 본 발명의 기술적 사상은 여기서 설명되는 실시 예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화 될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시 예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.
- [0033] 본 명세서에서, 어떤 구성요소가 다른 구성요소 상에 있다고 언급되는 경우에 그것은 다른 구성요소 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 구성요소가 개재될 수도 있다는 것을 의미한다. 또한, 도면들에 있어서, 막 및 영역들의 두께는 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다.
- [0034] 또한, 본 명세서의 다양한 실시 예들에서 제1, 제2, 제3 등의 용어가 다양한 구성요소들을 기술하기 위해서 사용되었지만, 이들 구성요소들이 이 같은 용어들에 의해서 한정되어서는 안 된다. 이들 용어들은 단지 어느 구성요소를 다른 구성요소와 구별시키기 위해서 사용되었을 뿐이다. 따라서, 어느 한 실시 예에 제 1 구성요소로 언급된 것이 다른 실시 예에서는 제 2 구성요소로 언급될 수도 있다. 여기에 설명되고 예시되는 각 실시 예는 그것의 상보적인 실시 예도 포함한다. 또한, 본 명세서에서 '및/또는'은 전후에 나열한 구성요소들 중 적어도 하나를 포함하는 의미로 사용되었다.
- [0035] 명세서에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다. 또한, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징이나 숫자, 단계, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 배제하는 것으로 이해되어서는 안 된다. 또한, 본 명세서에서 "연결"은 복수의 구성요소를 간접적으로 연결하는 것, 및 직접적으로 연결하는 것을 모두 포함하는 의미로 사용된다.
- [0036] 또한, 하기에서 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략할 것이다.
- [0038] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 발광 구조체의 제조 방법을 설명하는 순서도이고, 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 발광 구조체의 제조 방법 중 베이스 구조체 제조 단계를 구체적으로 설명하는 순서도이고, 도 3 및 도 4는 본 발명의 실시 예에 따른 발광 구조체의 제조 공정을 나타내는 도면이다.
- [0039] 도 1 내지 도 4를 참조하면, 기판(100)이 준비된다(S100). 일 실시 예에 따르면, 상기 기판(100)은 실리콘(Si)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 기판(100)은, 실리콘 반도체 기판, 화합물 반도체 기판, 유리 기판, 또는 플라스틱 기판 중 어느 하나일 수 있다.
- [0040] 상기 기판(100)이 식각되어, 베이스 구조체(200)가 제조될 수 있다(S200). 구체적으로, 상기 베이스 구조체(200) 제조 단계(S200)는, 강산을 포함하는 식각 용액을 준비하는 단계(S210), 상기 식각 용액 내에 상기 기판(100)을 침지시키는 단계(S220), 및 침지된 상기 기판(100)에 전류를 인가하는 단계(S230)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 식각 용액은 48wt% 농도의 HF, 에탄올, 및 물이 1:2:2의 vol% 비율로 혼합된 용액일 수 있다.
- [0041] 즉, 상기 기판(100)이 전기화학적 식각(electrochemical anodic etching)되어, 상기 베이스 구조체(200)가 제

조될 수 있다. 이 경우, 상기 기판(100) 상에 복수의 기공(H)이 형성될 수 있다. 다시 말해, 상기 베이스 구조체(200)는 복수의 기공(H)이 형성된 상기 기판(100)으로 정의될 수 있다. 이에 따라, 상기 베이스 구조체(200)는 다공성(porous) 구조를 가질 수 있다.

[0042] 상기 베이스 구조체(200)가 다공성 구조를 갖는 경우, 후술되는 발광 구조체 제조 단계에서, 기능성 입자가 상기 베이스 구조체(200) 상에 용이하게 증착될 수 있다. 구체적으로, 상기 베이스 구조체(200)가 다공성 구조를 갖는 경우, 다공성 구조를 갖지 않는 구조체와 비교하여, 상대적으로 표면적이 넓을 수 있다. 또한, 다공성 구조의 형성을 위해 전기화학적 식각 공정이 수행되는 경우, 상기 기판(100) 상에 인가된 전류 및 식각 용액에 의하여, 상기 기판(100)의 표면이 활성화될 수 있다. 이에 따라, 후술되는 기능성 입자가, 상기 베이스 구조체(200) 상에 용이하게 증착될 수 있다.

[0043] 일 실시 예에 따르면, 상기 베이스 구조체(200)가 제조된 이후 및 후술되는 발광 구조체(300) 제조 이전, 진공 상태에서 상기 베이스 구조체(200) 상에 비활성 기체가 제공될 수 있다. 예를 들어, 상기 비활성 기체는 아르곤(Ar) 가스일 수 있다. 예를 들어, 상기 아르곤(Ar) 가스는 2000 sccm의 유속으로 제공될 수 있다. 이에 따라, 상기 베이스 구조체(200)의 표면 산화 현상이 예방될 수 있다.

[0044] 상기 베이스 구조체(200)에 금속 소스가 제공되어, 발광 구조체(300)가 제조될 수 있다(S300). 일 실시 예에 따르면, 상기 금속 소스는 금속을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 금속은 은(Ag), 금(Au), 백금(Pt), 또는 팔라듐(Pd) 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0045] 상기 베이스 구조체(200)에 상기 금속 소스가 제공되는 경우, 상기 베이스 구조체(200) 상에 기능성 입자(FP)가 증착될 수 있다. 구체적으로, 상기 기능성 입자(FP)는, 상기 베이스 구조체(200)가 포함하는 복수의 기공(H) 내에 증착될 수 있다. 상기 기능성 입자(FP)는 상기 금속을 포함할 수 있다. 즉, 상기 금속 소스가 포함하는 금속 이, 상기 베이스 구조체(200) 상에 증착되어, 입자(particle) 형태를 나타낼 수 있다. 이에 따라, 상기 발광 구조체(300)는, 상기 기능성 입자(FP)가 증착된 상기 베이스 구조체(200)로 정의될 수 있다.

[0046] 상기 발광 구조체(300)는, 상기 베이스 구조체(200) 및 상기 기능성 입자(FP)에 의하여, 빛을 발광할 수 있다. 예를 들어, 상기 발광 구조체(300)는 가시광 영역대의 빛을 발광할 수 있다.

[0047] 구체적으로, 상기 베이스 구조체(200) 및 상기 기능성 입자(FP)는 결정질(crystalline) 특성을 나타낼 수 있다. 이에 따라, 상기 베이스 구조체(200) 및 상기 기능성 입자(FP) 사이에는 밴드갭(Band Gap) 차이가 발생할 수 있다. 이 경우, 상기 베이스 구조체(200) 및 상기 기능성 입자(FP) 사이의 밴드갭 차이에 의하여, 상기 발광 구조체(300)는 빛을 발광할 수 있다.

[0048] 일 실시 예에 따르면, 상기 발광 구조체(300)는 비용액(non-solution) 공정으로 제조될 수 있다. 예를 들어, 상기 발광 구조체(300)는 스퍼터링(sputtering) 공정으로 제조될 수 있다. 이 경우, 용액 공정으로 제조된 발광 구조체와 비교하여, 상기 기능성 입자(FP)의 크기가 상대적으로 작을 수 있다. 구체적으로, 용액 공정을 통해 상기 발광 구조체(300)가 제조되는 경우, 상기 발광 구조체(300)가 포함하는 상기 기능성 입자(FP)는 마이크로미터(μm)의 크기를 가질 수 있다. 이와 달리, 스퍼터링 공정을 통해 상기 발광 구조체(300)가 제조되는 경우, 상기 발광 구조체(300)가 포함하는 상기 기능성 입자(FP)는 나노미터(nm)의 크기를 가질 수 있다.

[0049] 또한, 용액 공정을 통해 상기 발광 구조체(300)가 제조되는 경우, 상기 베이스 구조체(200)의 제조 과정에서 사용된 상기 식각 용액의 잔류물에 의하여, 다양한 부산물(byproducts)이 생성될 수 있다. 상술된 부산물은, 상기 기능성 물질의 증착률을 저하시키는 등 다양한 문제점을 발생시킬 수 있다. 이와 달리, 스퍼터링 공정을 통해 상기 발광 구조체(300)가 제조되는 경우, 용액 공정을 통해 제조된 상기 발광 구조체(300)와 비교하여, 상술된 부산물의 생성 확률이 현저히 감소될 수 있다.

[0050] 일 실시 예에 따르면, 상기 발광 구조체(300)가 제조된 이후 및 후술되는 발광 구조체(300) 열처리 이전, 상기 발광 구조체(300) 상에 비활성 기체가 제공될 수 있다. 예를 들어, 상기 비활성 기체는 아르곤(Ar) 가스일 수 있다. 예를 들어, 상기 아르곤(Ar) 가스는, 2000 sccm의 유속으로 30분 동안 제공될 수 있다. 이에 따라, 상기 발광 구조체(300)가 포함하는 상기 베이스 구조체(200) 및 상기 기능성 입자(FP)의 산화 현상이 예방될 수 있다.

[0051] 상기 발광 구조체(300)는 열처리될 수 있다(S400). 상기 발광 구조체가 열처리되는 경우, 상기 발광 구조체(300)가 포함하는 상기 기능성 입자(FP)의 크기가 제어될 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 상기 발광 구조체(300)의 열처리 온도가 증가함에 따라, 상기 발광 구조체(300)가 포함하는 상기 기능성 입자(FP)의 크기가 증가

할 수 있다.

- [0052] 상기 기능성 입자(FP)의 크기가 제어되는 경우, 상기 발광 구조체(300)로부터 발광되는 빛의 파장대가 제어될 수 있다. 즉, 상기 기능성 입자(FP)의 크기에 따라, 상기 발광 구조체(300)로부터 발광되는 빛의 파장대가 제어될 수 있다. 보다 구체적으로, 상기 기능성 입자(FP)의 크기가 제어되는 경우, 상기 기능성 입자(FP) 및 상기 베이스 구조체(200) 사이의 밴드갭 차이가 조절됨에 따라, 상기 발광 구조체(300)로부터 발광되는 빛의 파장대가 제어될 수 있다. 결과적으로, 상기 발광 구조체(300)의 열처리 온도에 따라, 상기 발광 구조체(300)로부터 발광되는 빛의 파장대가 제어될 수 있다.
- [0053] 예를 들어, 상기 발광 구조체(300)가 400℃ 또는 600℃로 열처리되는 경우, 상기 발광 구조체(300)는 청색 파장대의 빛을 발광할 수 있다. 다른 예를 들어, 상기 발광 구조체(300)가 400℃, 600℃, 800℃, 또는 1000℃로 열처리되는 경우, 상기 발광 구조체(300)는 적색 파장대의 빛을 발광할 수 있다.
- [0054] 일 실시 예에 따르면, 상기 발광 구조체(300)가 열처리되는 경우, 상기 발광 구조체(300)가 포함하는 상기 베이스 구조체(200)의 일부는 산화될 수 있다. 이에 따라, 열처리된 상기 발광 구조체(300)는 산화물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 기판(100)이 실리콘(Si)을 포함하는 경우, 상기 발광 구조체(300)는 실리콘 산화물(SiO_2)을 포함할 수 있다.
- [0055] 이 경우, 상기 발광 구조체(300)가 포함하는 상기 베이스 구조체(200)는 제1 영역 및 제2 영역으로 구분될 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 상기 제1 영역은, 상기 베이스 구조체(200) 및 상기 기능성 입자(FP)가 접촉되는 영역으로 정의될 수 있다. 이와 달리, 상기 제2 영역은, 상기 제1 영역을 제외한 영역으로 정의될 수 있다. 상기 제1 영역 및 상기 제2 영역은, 결정성이 서로 다를 수 있다. 구체적으로, 상기 제1 영역은 결정질(crystalline) 특성을 나타낼 수 있다. 반면, 상기 제2 영역은 비정질(amorphous) 특성을 나타낼 수 있다. 이에 따라, 상기 기능성 입자(FP) 및 이와 접촉하는 결정질 상태의 상기 제1 영역 사이의 밴드갭 차이에 의해, 상기 발광 구조체(300)로부터 빛이 방출될 수 있다. 또한, 상술된 바와 같이, 열처리 온도에 따라 조절되는 상기 기능성 입자(FP)의 크기에 따라서, 상기 기능성 입자(FP) 및 결정질 상태의 상기 제1 영역 사이의 밴드갭 차이가 조절되어, 결과적으로 열처리 온도에 따라서 다양한 색상의 빛이 방출될 수 있다.
- [0056] 본 발명의 실시 예에 따른 발광 구조체의 제조 방법은, 상기 기판(100)을 준비하는 단계, 상기 기판(100)을 식각하여, 상기 기판(100) 내에 복수의 기공(H)이 형성된 상기 베이스 구조체(200)를 제조하는 단계, 상기 베이스 구조체(200)에 상기 금속 소스를 제공하여, 상기 베이스 구조체(200)가 포함하는 상기 복수의 기공(H) 내에, 상기 금속을 포함하는 상기 기능성 입자(FP)가 증착된 상기 발광 구조체(300)를 제조하는 단계, 및 상기 발광 구조체(300)를 열처리하는 단계를 포함하되, 상기 발광 구조체(300)의 열처리 온도에 따라, 상기 발광 구조체(300)로부터 발광되는 빛의 파장대가 제어되는 것을 포함할 수 있다. 이에 따라, 열처리 온도를 제어하는 간단한 방법으로, 발광되는 빛의 파장대를 용이하게 제어할 수 있는 발광 구조체의 제조 방법이 제공될 수 있다.
- [0057] 또한, 상기 실시 예에 따른 발광 구조체의 제조 방법 중, 상기 발광 구조체(300)를 제조하는 단계는, 비용액(non-solution) 공정으로 수행될 수 있다. 이에 따라, 공정 과정이 간소화되고 공정 시간 또한 감소된 발광 구조체의 제조 방법이 제공될 수 있다.
- [0059] 이상, 본 발명의 실시 예에 따른 발광 구조체 및 그 제조 방법이 설명되었다. 이하, 본 발명의 실시 예에 따른 발광 구조체 및 그 제조 방법의 구체적인 실험 예 및 특성 평가 결과가 설명된다.
- [0060] 실시 예에 따른 베이스 구조체 제조
- [0061] 실리콘(Si) 기판 및 식각 용액이 준비된다. 식각 용액은, 48wt% 농도의 HF, 에탄올, 및 물을 1:2:2의 vol% 비율로 혼합하여 제조하였다. 이후, 식각 용액 내에 실리콘 기판을 침지시키고, 50 mA/cm²의 전류 밀도로 60분의 시간 동안 전류를 인가하여 베이스 구조체를 제조하였다.
- [0063] 실시 예에 따른 발광 구조체 제조
- [0064] 상술된 실시 예에 따른 베이스 구조체가 준비된다. 준비된 베이스 구조체를, 10 mA의 환경에서 1분의 시간 동안, 은(Ag)을 포함하는 금속 소스를 이용하여 DC스퍼터팅(sputtering) 처리하였다. 이에 따라, 베이스 구조체 상에 은(Ag) 나노입자가 증착되었다. 이후, 베이스 구조체에 증착된 은(Ag) 나노입자의 크기를 제어하기 위해,

열처리 공정을 수행하여, 실시 예에 따른 발광 구조체를 제조하였다.

- [0066] 도 5 및 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 베이스 구조체를 촬영한 사진이다.
- [0067] 도 5 및 도 6을 참조하면, 상기 실시 예에 따른 베이스 구조체를 서로 다른 각도 및 배율에서 SEM(Scanning Electron Microscopy) 촬영하여 나타내었다. 도 5 및 도 6에서 확인할 수 있듯이, 상기 실시 예에 따른 베이스 구조체는 복수의 기공을 포함하는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 상기 실시 예에 따른 베이스 구조체는 다공성 구조를 갖는다는 것을 알 수 있었다.
- [0068] 도 7 및 도 8은 열처리 전 상태의 발광 구조체를 촬영한 사진이다.
- [0069] 도 7 및 도 8을 참조하면, 열처리 전 상태의 발광 구조체가 포함하는 은 나노입자를 SEM 촬영하여 나타내었다. 도 7의 (a) 내지 (c) 및 도 8의 (a) 내지 (c)는 각각, 발광 구조체 내의 서로 다른 위치에 배치된 은 나노입자를 촬영하여 나타낸 사진들이다. 도 7 및 도 8에서 확인할 수 있듯이, 발광 구조체 내에 은(Ag) 입자가 나노미터(nm)의 크기로 증착되어 있는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 발광 구조체가 포함하는 복수의 은(Ag) 나노입자들은, 서로 크기 및 형상이 다르게 형성되어 있는 것을 확인할 수 있었다.
- [0070] 도 9는 열처리 후 상태의 발광 구조체를 촬영한 사진이다.
- [0071] 도 9의 (a) 내지 (c)를 참조하면, 열처리 후 상태의 발광 구조체를 HRTEM(High-resolution Transmission electron microscopy) 촬영하여 나타내었다. 도 9의 (a) 내지 (c)에서 확인할 수 있듯이, 발광 구조체 상에 증착된 은(Ag) 나노입자는 다결정(polycrystalline) 구조를 갖고, SiO_x 로 구성된 베이스 구조체 대부분의 영역은 비정질(amorphous) 구조를 갖는 것을 확인할 수 있었다. 하지만, 베이스 구조체의 영역 중, 베이스 구조체와 은(Ag) 나노입자가 접촉되는 부분은, 단결정(single-crystal) 구조를 갖는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 열처리된 발광 구조체가 포함하는 베이스 구조체의 경우, 베이스 구조체와 은(Ag) 나노입자가 접촉되는 제1 영역, 및 제1 영역을 제외한 제2 영역으로 구분되며, 제1 및 제2 영역의 결정성이 서로 다른 것을 알 수 있었다.
- [0072] 도 10은 열처리 전 및 열처리 후 상태의 발광 구조체의 결정성을 비교하는 그래프이다.
- [0073] 도 10을 참조하면, 열처리 전 상태의 발광 구조체(a), 400℃의 온도로 열처리된 발광 구조체(b), 600℃의 온도로 열처리된 발광 구조체(c), 800℃의 온도로 열처리된 발광 구조체(d), 및 1000℃의 온도로 열처리된 발광 구조체(e) 각각에 대해 XRD(X-ray diffraction) 분석을 수행하여 나타내었다.
- [0074] 도 10에서 확인할 수 있듯이, 열처리된 발광 구조체의 경우(b, c, d, e) 30.2°, 32.3°, 및 54.7°에서 피크가 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이는, 발광 구조체가 비정질 특성을 갖는 것을 나타낸다. 또한, 열처리된 발광 구조체의 경우(b, c, d, e) 38.1°에서 피크가 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이는, 발광 구조체가 결정질 특성을 갖는 것을 나타낸다. 즉, 도 10을 통해, 열처리된 발광 구조체가 비정질 특성 및 결정질 특성을 모두 갖는 것을 확인할 수 있었다.
- [0075] 도 11은 열처리 전 및 열처리 후 상태의 발광 구조체의 발광 특성을 비교하는 그래프이다.
- [0076] 도 11을 참조하면, 열처리 전 상태의 발광 구조체(P-Si), 400℃의 온도로 열처리된 발광 구조체(P-Si Ag 400℃), 600℃의 온도로 열처리된 발광 구조체(P-Si Ag 600℃), 800℃의 온도로 열처리된 발광 구조체(P-Si Ag 800℃), 및 1000℃의 온도로 열처리된 발광 구조체(P-Si Ag 1000℃) 각각이 발광하는 빛의 특성을 측정하여 나타내었다.
- [0077] 도 11에서 확인할 수 있듯이, 400℃ 또는 600℃의 온도로 열처리된 발광 구조체의 경우, 청색 파장대의 빛을 발광하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 400℃, 600℃, 800℃, 또는 1000℃의 온도로 열처리된 발광 구조체의 경우, 적색 파장대의 빛을 발광하는 것을 확인할 수 있었다. 이에 따라, 발광 구조체를 열처리하는 온도를 제어함에 따라, 발광되는 빛의 파장대가 제어되는 것을 확인할 수 있었다.
- [0078] 도 12는 본 발명의 실시 예에 따른 발광 구조체가 포함하는 은 나노입자를 구체적으로 촬영한 사진이다.
- [0079] 도 12를 참조하면, 상기 실시 예에 따른 발광 구조체 내에 서로 다른 위치에 배치되어 있는 은(Ag) 나노입자들을 TEM 촬영하여 나타내었다. 도 12에서 확인할 수 있듯이, 발광 구조체 내에 배치된 은(Ag) 나노입자들은, 3.5 nm 부터 20 nm까지 다양한 크기로 형성되어 있는 것을 확인할 수 있었다.
- [0080] 도 13은 400℃의 온도에서 열처리된 발광 구조체가 포함하는 은(Ag) 나노입자를 촬영한 사진이고, 도 14는 400

℃의 온도에서 열처리된 발광 구조체가 포함하는 은(Ag) 나노입자의 크기 분포를 나타내는 그래프이다.

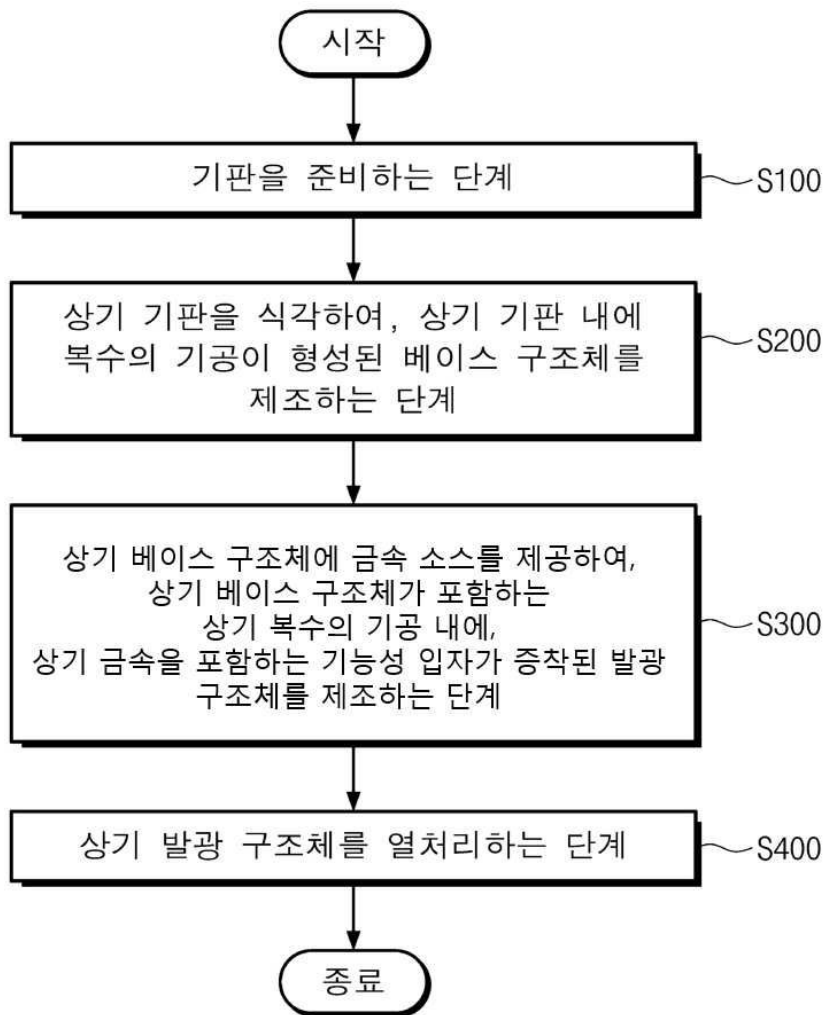
- [0081] 도 13을 참조하면, 400℃의 온도에서 열처리된 발광 구조체가 포함하는 은(Ag) 나노입자를 TEM 촬영하여 나타내었다. 도 13에서 확인할 수 있듯이, 발광 구조체가 포함하는 베이스 구조체의 기공 내에 은(Ag) 나노입자가 배치되어 있는 것을 확인할 수 있었다.
- [0082] 도 14를 참조하면, 400℃의 온도에서 열처리된 발광 구조체가 포함하는 은(Ag) 나노입자의 크기 분포를 나타내었다. 도 14에서 확인할 수 있듯이, 5 nm크기의 은(Ag) 나노입자들이 가장 많은 비중을 차지하는 것을 확인할 수 있었다.
- [0083] 도 15는 600℃의 온도에서 열처리된 발광 구조체가 포함하는 은(Ag) 나노입자를 촬영한 사진이고, 도 16은 600℃의 온도에서 열처리된 발광 구조체가 포함하는 은(Ag) 나노입자의 크기 분포를 나타내는 그래프이다.
- [0084] 도 15를 참조하면, 600℃의 온도에서 열처리된 발광 구조체가 포함하는 은(Ag) 나노입자를 TEM 촬영하여 나타내었다. 도 15에서 확인할 수 있듯이, 발광 구조체가 포함하는 베이스 구조체의 기공 내에 은(Ag) 나노입자가 배치되어 있는 것을 확인할 수 있었다.
- [0085] 도 16을 참조하면, 600℃의 온도에서 열처리된 발광 구조체가 포함하는 은(Ag) 나노입자의 크기 분포를 나타내었다. 도 14에서 확인할 수 있듯이, 12.5 nm크기의 은(Ag) 나노입자들이 가장 많은 비중을 차지하는 것을 확인할 수 있었다.
- [0087] 이상, 본 발명을 바람직한 실시 예를 사용하여 상세히 설명하였으나, 본 발명의 범위는 특정 실시 예에 한정되는 것은 아니며, 첨부된 특허청구범위에 의하여 해석되어야 할 것이다. 또한, 이 기술분야에서 통상의 지식을 습득한 자라면, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않으면서도 많은 수정과 변형이 가능함을 이해하여야 할 것이다.

부호의 설명

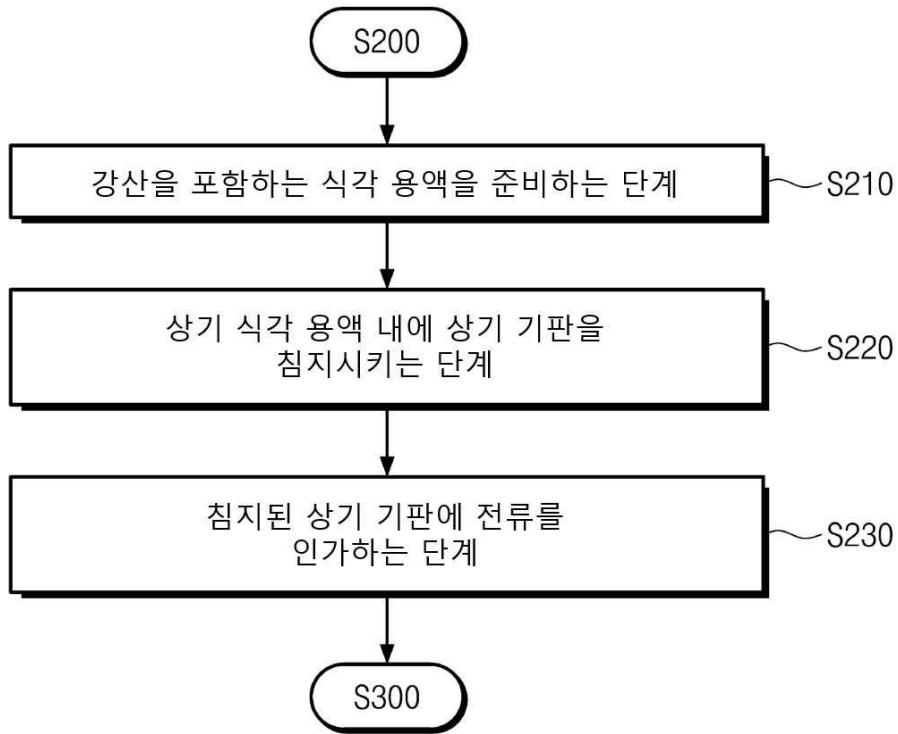
- [0089] 100: 기판
200: 베이스 구조체
300: 발광 구조체

도면

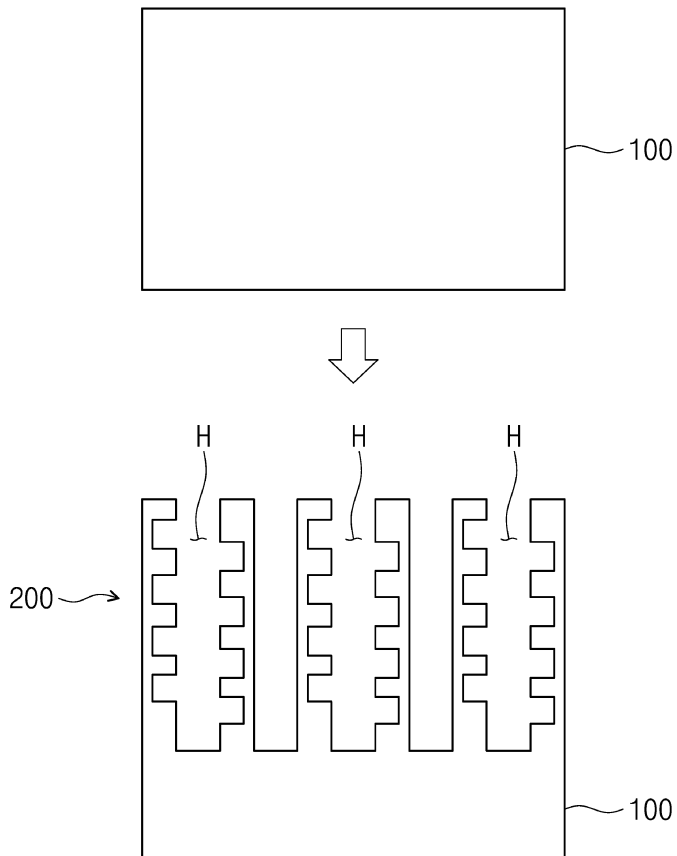
도면1



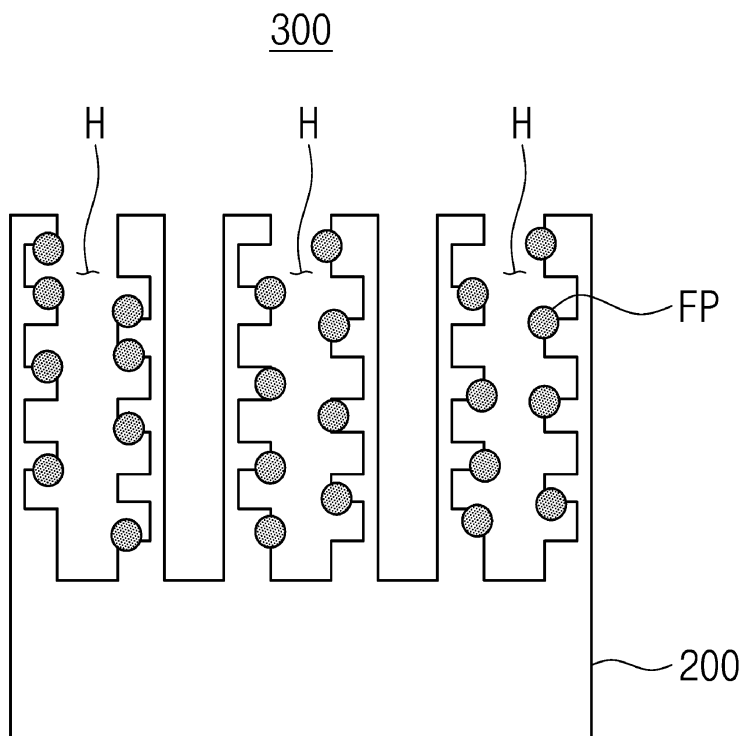
도면2



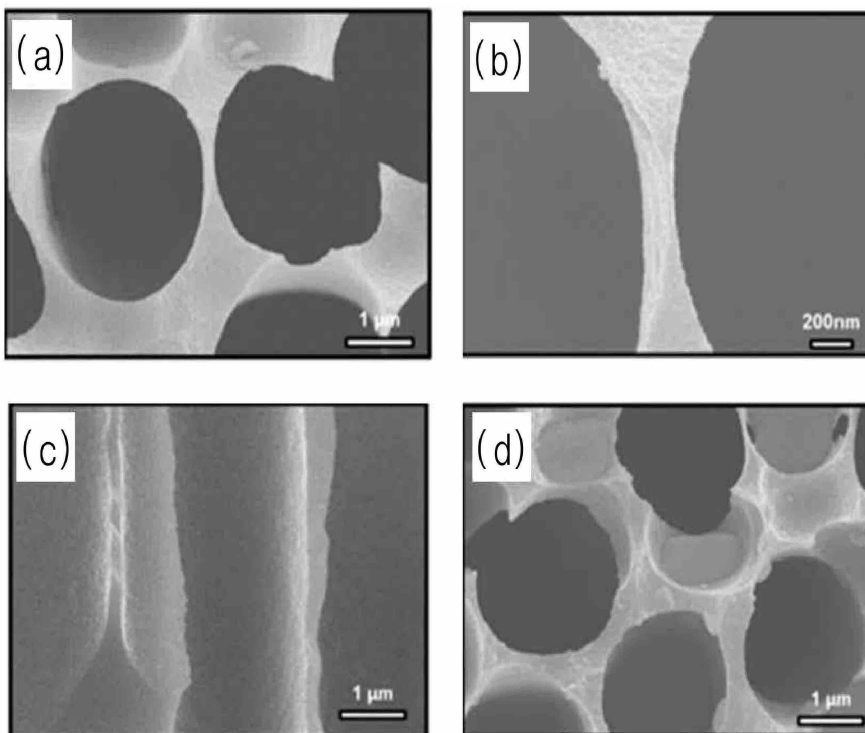
도면3



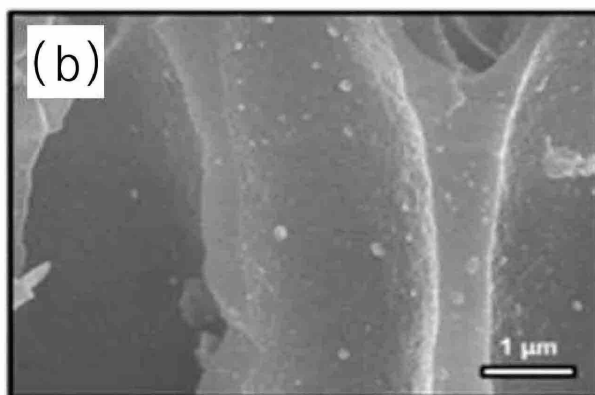
도면4



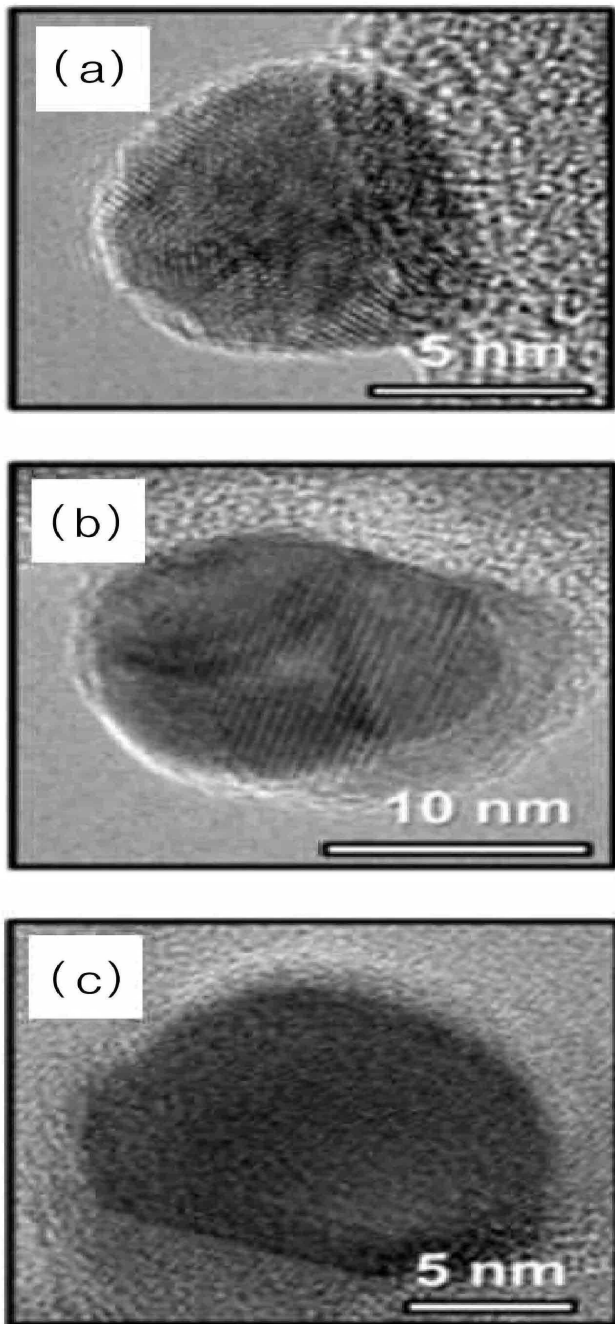
도면5



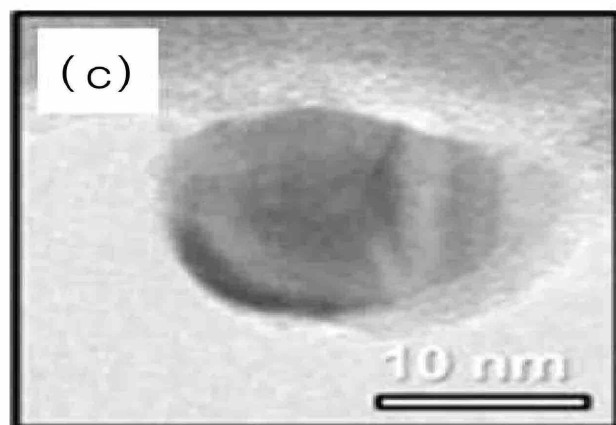
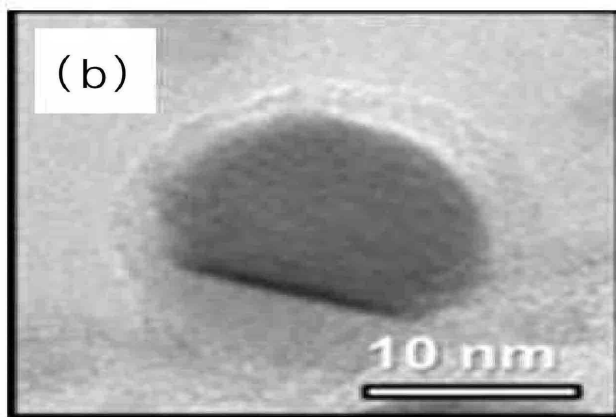
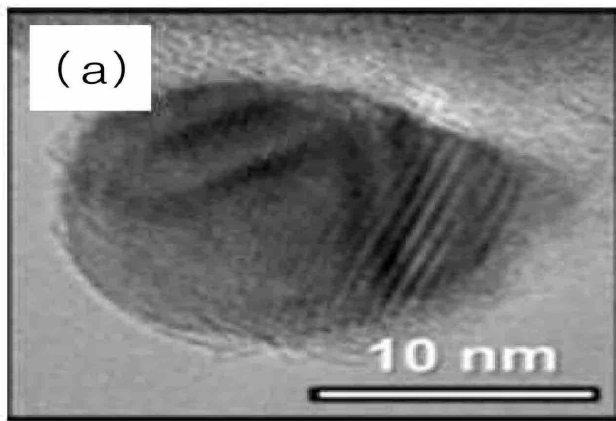
도면6



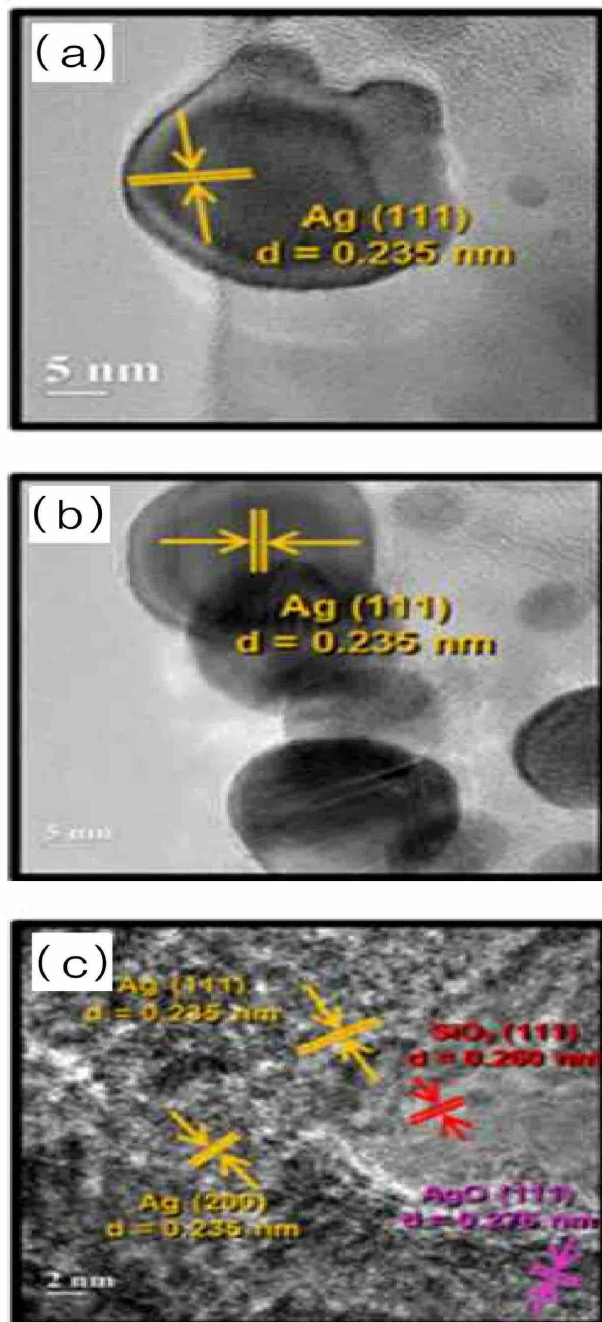
도면7



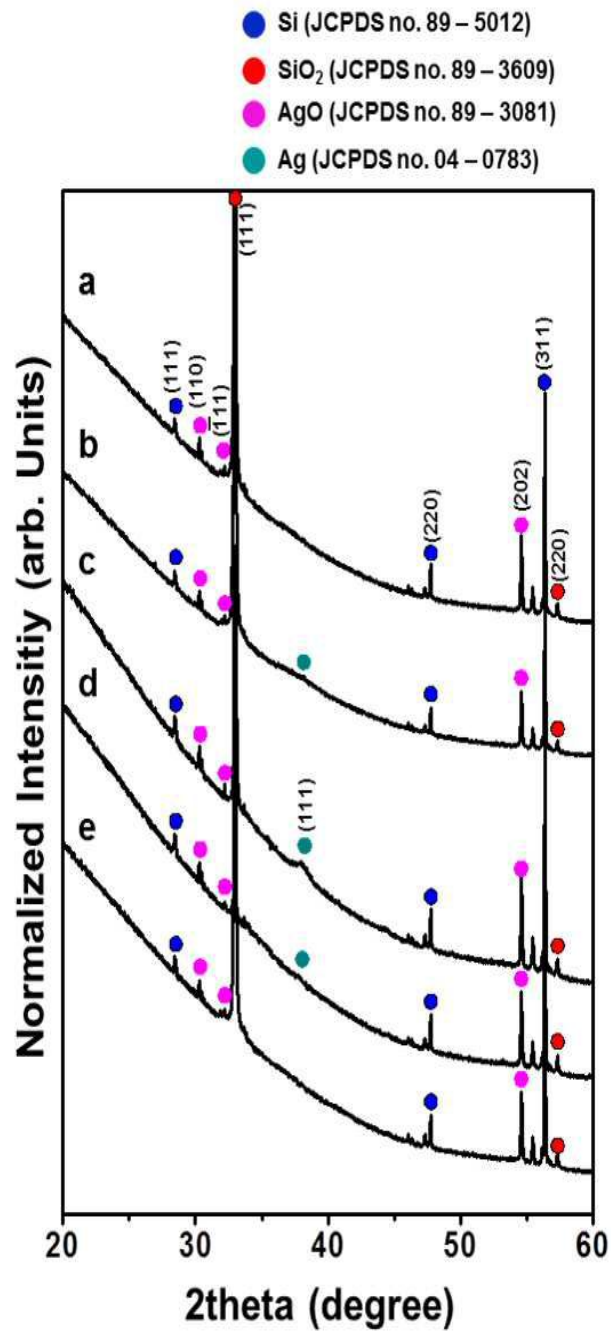
도면8



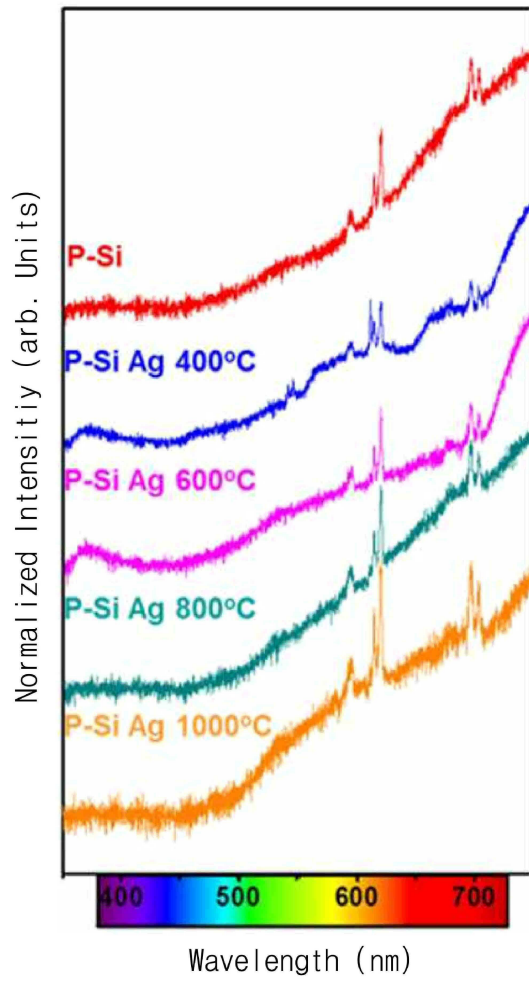
도면9



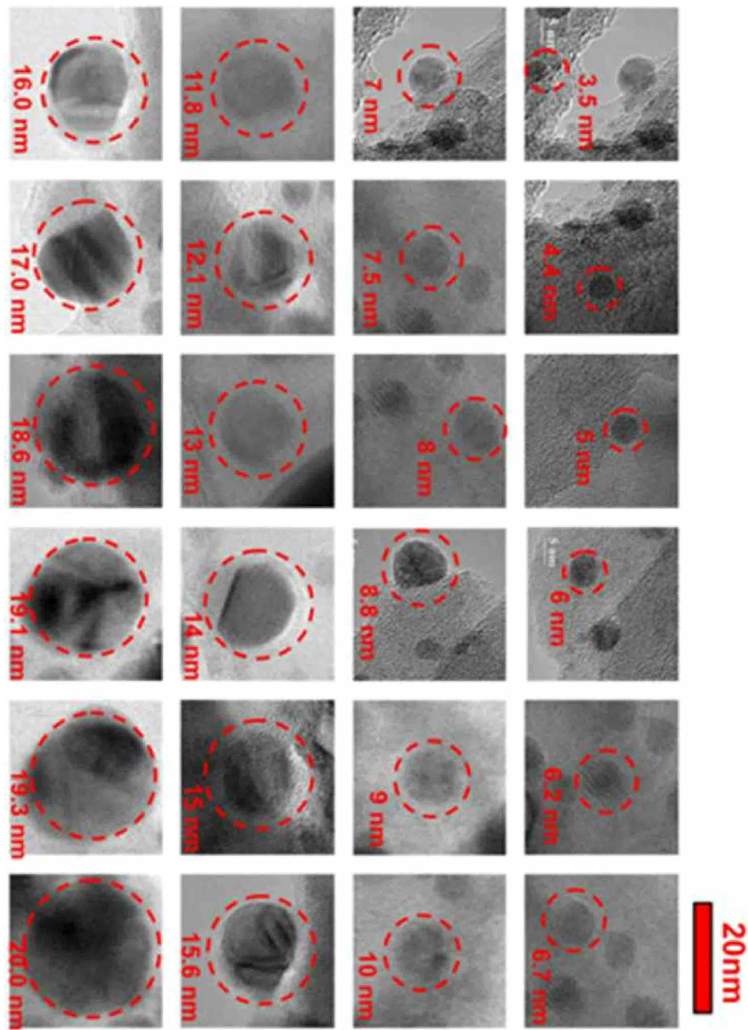
도면10



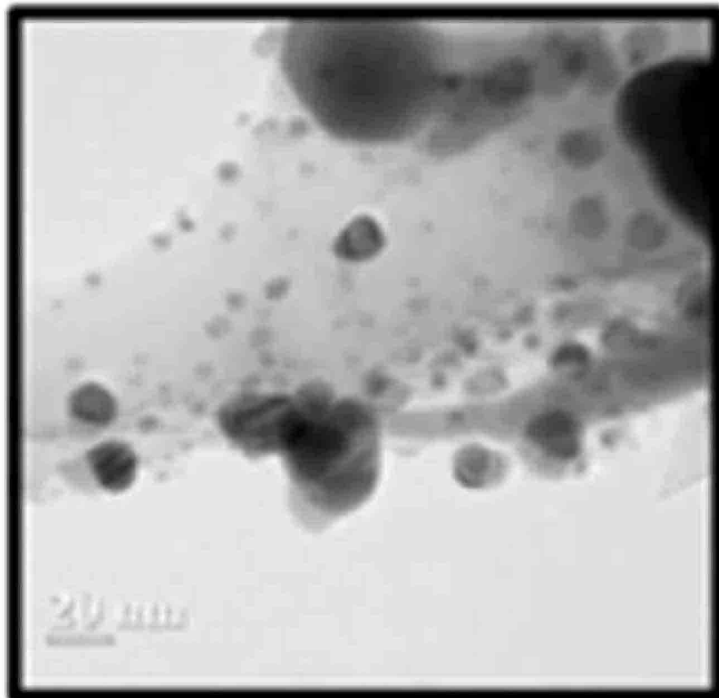
도면11



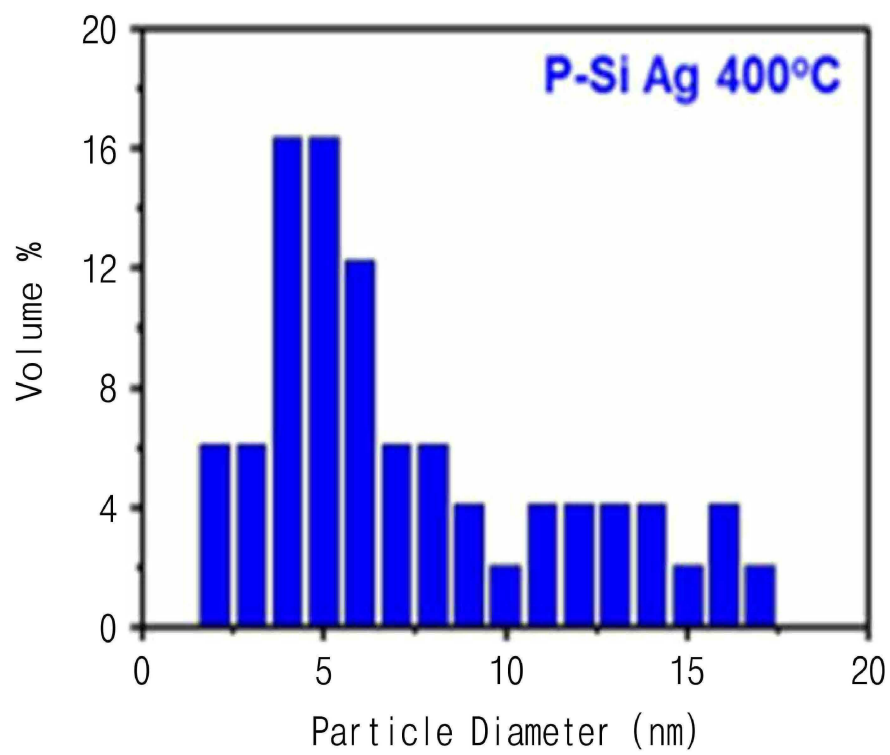
도면12



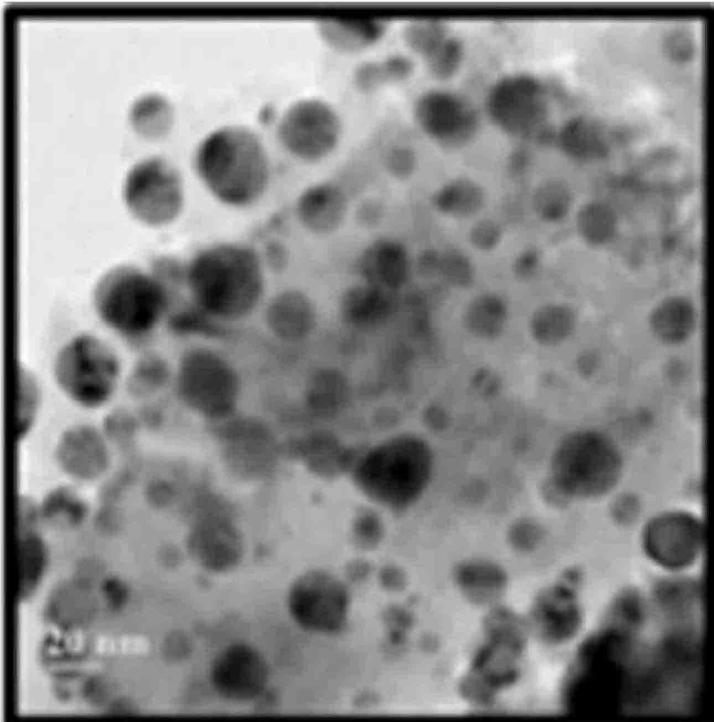
도면13



도면14



도면15



도면16

